# APTO

SP 105 LACCHIARELLA

MILAN SCHUMACHER

DIMENSIONAMENTO CAVO AT

REL PD0_IES_REL_01_R1

25/10/2024

Rev. 01

Codice commessa E13032.001

Nome File: 13032001_PD0_IES_REL_01_R1

Sacha Busetti
Ordine degli Ingegneri di Pavia
Ingegnere



PROPERTY OF DBA PRO. S.p.A. NON UTILIZZABILE O REPLICABILE (ANCHE IN PARTE) SENZA CONSENSO SCRITTO DA PARTE DI DBA PRO.

Sede secondaria

DBA PRO S.p.A.
Via Battagli 10
20127, Milano
Italia
+39 0422 693511
dbaprogetti@pec.dbagroup.it
www.dbagroup.it

Sede Legale

DBA PRO S.p.A.
Santo Stefano di Cadore
32045, Santo Stefano di Cadore (BL)
Italia
+39 0422 693511
dbaprogetti@pec.dbagroup.it
www.dbagroup.it

| | |
|---|---|
| Progetto: | APTO |
| Indirizzo: | SP 105 LACCHIARELLA |
| Titolo documento: | DIMENSIONAMENTO CAVO AT |
| Codice documento: | 13032_PD0_IES_REL_01_RO |
| Nome file: | ___ |
| Data revisione: | 25/10/2024 |
| Descrizione revisione: | Prima Revisione |
| Numero commessa: | E13032.001 |
| Autore: | Valerio Rizzardi |
| Redatto da: | VRST |
| Controllato da: | Antonio Polinelli / Stefano Soncini |
| Approvato da: | Sacha Busetti |

Storico revisioni:

| REV. | RED. | CONTR. | APP. | DATA | DESCRIZIONE |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | VRST | POA / STS | SHB | 11/04/2024 | PRIMA EMISSIONE |
| 1 | VRST | POA / STS | SHB | 25/10/24 | PRIMA REVISIONE |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

*DBA PRO. S.p.A. Tutti diritti e relativo copyright sono riservati e di proprietà di DBA PRO. S.p.A. Questo documento è di proprietà di DBA PRO. S.p.A. e non può essere duplicato o pubblicato senza autorizzazione scritta in tutto o in parte o essere utilizzato per altri scopi differenti da quelli indicati*



PROPERTY OF DBA PRO. S.p.A. NON UTILIZZABILE O REPLICABILE (ANCHE IN PARTE) SENZA CONSENSO SCRITTO DA PARTE DI DBA PRO.

## INDEX/INDICE/SOMMARIO


1 PREMESSA ..... 4

2 MOTIVAZIONI DELL'OPERA ..... 5

3 DIMENSIONAMENTO PRELIMINARE DEL CAVO AT 420KV ..... 6

4 CARATTERISTICHE TECNICHE CAVO AT ..... 10

**4.1 Premessa ..... 10**

**4.2 Caratteristiche elettriche dell'elettrodotto ..... 10**

**4.3 Composizione dell'elettrodotto in cavo ..... 10**

**4.4 Caratteristiche meccaniche del conduttore di energia ..... 11**

**4.5 Specifica tecnica dei terminali lato Terna 420kV Aria AT: ..... 14**

**4.6 Specifica tecnica dei terminali lato stazione utente 420kV GIS AT: ..... 15**

**4.7 Specifica tecnica presa terminali lato stazione utente 420kV GIS AT: ..... 16**

**4.8 Tipologia di giunzioni 420kV AT : ..... 17**

**4.9 Tipologia di connessione schermi ..... 18**

5 Modalità di posa dei cavidotti ..... 19

**5.1 Trivellazione Orizzontale Controllata (TOC) ..... 23**

**5.2 Buche giunti ..... 24**

**5.3 Sistemi di telecomunicazione ..... 25**

6 VALUTAZIONE DEI CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI ..... 26

**6.1 Richiami normativi ..... 26**

**6.2 Campi elettrici e magnetici ..... 28**

**6.3 Valutazione del campo elettrico ..... 28**

**6.4 Fasce di rispetto ..... 29**

**6.5 Metodologia di calcolo delle fasce di rispetto ..... 29**

7 NORMATIVA DI RIFERIMENTO ..... 32

**7.1 Leggi ..... 32**

**7.2 Norme tecniche ..... 33**

7.2.1 **Norme CEI** ..... 33

# 1 PREMESSA

Il presente documento costituisce la Relazione Tecnica di progetto delle connessioni elettriche in cavo interrato tra la "NUOVA Stazione elettrica blindata a 420 kV al servizio del Datacenter "Milan Schumacher" e la sottostazione connessa alla rete elettrica nazionale.

Le connessioni saranno 2 totalmente indipendenti tra loro, entrambe gli elettrodotti, verranno connessi alla sottostazione esistente di Terna di Lacchiarella realizzata con un doppio sistema di sbarre a 420kV.

Le due linee una di riserva all'altra sempre in tensione, serviranno ad alimentare la sottostazione utente con una potenza complessiva di 300MVA, necessaria alla funzionalità del centro energivoro deputato ad alimentare datacenter di futura realizzazione.

Il nuovo complesso Datacenter, la stazione utente e la sottostazione Terna, risultano insistere nel medesimo comune e distanti tra loro non più di 750 metri.

Per la connessione della Stazione utente alla Rete di Trasmissione Nazionale ("RTN") la società ha presentato richiesta di connessione al gestore della rete di trasmissione nazionale (TERNA) e ha ottenuto da questi la soluzione di connessione (STMG) per tali impianti. La soluzione prevede che l'impianto" sia collegato in doppia antenna sulle due baie di futura realizzazione a cura di Terna rete Italia.

Nel seguito in particolare saranno indicate le caratteristiche tecniche degli elettrodotti di raccordo della nuova SE di utenza alla rete elettrica esistente.

# 2 MOTIVAZIONI DELL'OPERA

Come detto in premessa, le opere descritte nella presente relazione costituiscono le opere di rete indispensabili al funzionamento del nuovo Datacenter in costruzione presso il comune di Lacchiarella (MI).

# 3 DIMENSIONAMENTO PRELIMINARE DEL CAVO AT 420KV

In accordo alla richiesta del cliente, il dimensionamento del cavo a 420kV verrà sviluppato in modo da poter garantire illimitatamente la funzionalità a piena potenza di trasmissione, garantire la possibilità di manutenzione di una delle due linee senza interferenze elettriche e/o meccaniche, garantire la sicurezza per gli operatori e per i comuni cittadini.

La richiesta di dimensionamento del cavo prende spunto dalla tabella fornita dal cliente per una potenza sui due elettrodotti di 300MVA ciascuno.

Come detto i due collegamenti dovranno avere la capacità di trasporto di tutta la potenza necessaria senza limitazioni.

I due collegamenti verranno posati per quanto possibile in scavo a cielo aperto, ed in quota parte entro tubazione in PE diametro 250mm tale da permettere la posa in opera degli stessi in modalità agevole e cercando di garantire il minor disagio nell'area interessata.

Poiché sono state riscontrate delle interferenze in sito, quali, canali d'acqua, elettrodotti di utenza privata e pubblica AT, sarà necessario utilizzare la metodologia no DIG per sottopassare le interferenze garantendo la distanza minima di sicurezza dalle stesse.

Al fine di evitare disagi, tenuto conto della tipologia dei lavori, e degli ingombri di cantiere, con il cliente si è concordato che le due linee in cavo transiteranno a profondità idonea nel mezzo del fondo agricolo, tale da non interferire con la strada provinciale SP105

Dall'analisi Georardar, oltre che dalla verifica dei documenti è emerso che sul ciglio stradale sia destro che sinistro sono presenti sottoservizi che corrono parallelamente alla strada per quasi la totalità della lunghezza del percorso cavo.

In accordo alle norme CEI 11-17 verranno posizionati in piano i tre tubi atti a contenere i cavi di alta tensione alla profondità minima di 1,6 metri mediante uno scavo di larghezza pari ad 1,2 metri nel centro della campagna.

Pertanto, visti i sottoservizi, valutate le distanze minime tra gli elettrodotti, verificata l'ampiezza stradale di una prima analisi, si è optato necessariamente per la realizzazione di due elettrodotti totalmente indipendenti posati nella medesima modalità ma distanti tra loro circa 4 metri, tale distanza risulta necessaria per poter intervenire in caso di manutenzione o di danno senza arrecare danno alla linea rimasta in servizio.

L'elettrodotto, come visto costituito da due terne indipendenti, prevede un primo tratto che a partire dalle sopra richiamate baie presso la stazione Terna, si dirige verso sud, con un tracciato parallelo alla Strada Provinciale SP105, a circa 30 m ad est dal ciglio della stessa. La realizzazione di detto tratto e prevista con trivellazione orizzontale controllata TOC, che scende rapidamente a profondita tale da non determinare, con ampio margine, alcun condizionamento alle possibili pratiche colturali e da ottenere valori di induzione magnetica inferiori agli obiettivi di qualita, gia sull'asse delle linee.

Nella parte terminale del tratto sopra descritto, e prevista la realizzazione delle buche giunti, ove avviene la connessione dei cavi elettrici (si veda successivo paragrafo 4.5.2.2). Il tracciato piega quindi verso ovest per sottopassare la strada ed i relativi fossi con una sezione realizzata sempre mediante trivellazione orizzontale controllata TOC, per poi proseguire fino alla futura sottostazione di trasformazione AT/MT localizzata presso il Datacenter con sezione in trincea.

Di tutti i requisiti sopra descritti, la portata del cavo, dovrà essere corretta con i coefficienti di riduzione dovuti al conduttore posto in tubo nelle due TOC.

In accordo alla potenza di trasmissione richiesta di 300MVA, corrispondono a 400kV circa 433 Ampere.

- Per tale valore di corrente, è stata fatta l'analisi nella seguente condizione operativa:
- Posa del conduttore in tubo diam 250mm
- Posa dei conduttori sullo stesso piano di appoggio
- Schema di collegamento schermi middle point Bonding in alternativa Cross Bonding in accordo alle pezzature del cavo in bobina.
- Coefficiente scambio termico 1C/m/W
- Corrente di cortocircuito a 400kV. @63kA 1 secondo.

Poiché il collegamento degli schermi potrebbe essere gestito in modalità mista, ovvero in Single Point Bonding, generalmente per le tratti corti, con giunti dispari o in Cross-Bonding per lunghi percorsi, in questa valutazione sul dimensionamento termico del cavo AT abbiamo considerato la situazione di middle point Bonding e di cross-Bonding che non permettono, come il Single Point Bonding il ricircolo delle correnti indotte sugli schermi garantendo la piena portata del cavo e la sicurezza elettrica del collegamento.

A fronte dei dati sopra allegati, vista la portata del conduttore e la corrente di linea dovuta al carico elettrico, in considerazione del carico continuativo dettato dai macchinari del Datacenter, il margine tecnico per poter validare la sezione da 1000mmq in alluminio risulta essere sufficiente.

Da punto di vista dell'energia specifica passante il conduttore deve poter resistere senza danneggiamenti alla correnti di corto circuito di rete pari a 63kA per la durata di 1 secondo.

Per le correnti di schermo, si è considerata una corrente di corto circuito pari a 31,5kA ed un tempo di estinzione del guasto entro gli 0,5 secondi. In caso di guasto sul cavo AT si avrebbe il ricircolo di corrente in due direzione, pertanto la corrente di guasto verrebbe smaltita in modo inversamente proporzionale all'impedenza di guasto ai due estremi.

Si ricorda che il tempo inserito risulta essere decisamente cautelativo, visto che sulle due linee saranno presenti le protezioni differenziali cavo settate a tempo zero, essendo queste selettive sul guasto, oltre che ad una distanziometrica che avrà tutto il cavo visto dal primo gradino a tempo zero.

Considerando i valori di corrente in gioco, essendo l'energia specifica passante un dato fondamentale per la vita del conduttore, il valore minimo calcolato porta ad avere una sezione con conduttore in alluminio pari ad almeno 760mmq. Il tempo cautelativo di 1 secondo permette la selettività delle protezioni poste a valle del cavo, su guasti di pertinenza della nuova sottostazione blindata.

La sezione che viene consigliata, in questa fase priva di dettagli esecutivi, a fronte di tutte le condizioni esposte risulta essere quella di un cavo di 1000mmq in alluminio senza in connessione Single/ Middle point o Cross Bonding degli schermi.

Altro fattore ambientale da tenere in considerazione, sarà la resistività termica del terreno che per questo tipo si studio è stato considerato pari a 1C/m/W e che ha permesso di rendere valori di temperature in linea con le attese, in caso in cui resistività fosse differente, sarà necessario, in fase esecutiva sentito il parere del cavista, verificare nuovamente le portate, a valle del tipo di cavo scelto oltre che alle modalità di messa a terra schermi ingegnerizzate.

Considerando i tratti intubati, a profondità entro i 3 metri avremo un modesto derating in portata del 20% pertanto rispetto alle condizioni standard di posa 1,6 metri in terra, il conduttore intubato avrà una portata di 891*0,79=703A, valore ampiamente sufficiente ad assolvere il compito assegnato, considerando la temperatura di regime a 90 gradi in tubo e

con gli schermi connessi in middle point bonding.

- Ground temperature 20 °C
- Laying depth 1.6 m
- Ground thermal resistivity 1.0 K·m/W

La portata del cavo con posa interrata risulta essere di 891A senza eccedere i 90 gradi di temperatura del conduttore.

# 4 CARATTERISTICHE TECNICHE CAVO AT

## 4.1 Premessa

Ognuno dei tratti degli elettrodotti interrati, sarà costituito da due terne di tre cavi unipolari realizzati con conduttore in alluminio, isolante in XLPE, schermatura in alluminio e guaina esterna in polietilene. Ciascun conduttore di energia avrà una sezione indicativa di almeno 1000 mmq in alluminio.

## 4.2 Caratteristiche elettriche dell'elettrodotto

Le caratteristiche elettriche dell'elettrodotto sono riportate di seguito:

| PARAMETRO | VALORE |
|---|---|
| Frequenza nominale | 50 Hz |
| Tensione nominale | 400 kV |
| Corrente nominale | 434 A |
| Potenza nominale | 300 MVA |
| Sezione nominale del conduttore | 1000 $mm^2$ |
| Isolante | XLPE |
| Diametro esterno massimo | 132 mm |

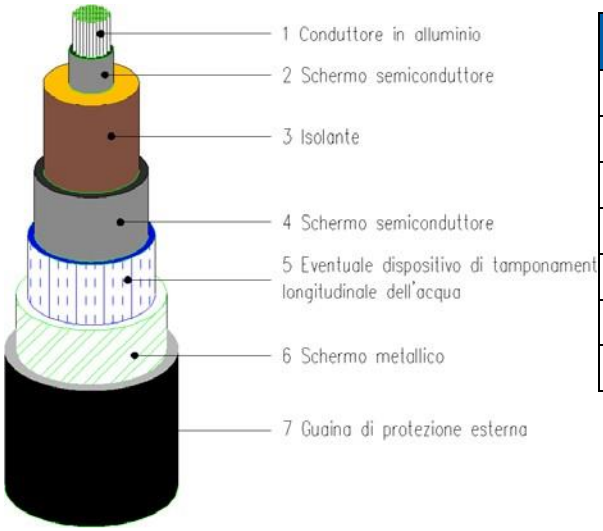
## 4.3 Composizione dell'elettrodotto in cavo

Per ciascun collegamento in cavo sono previsti i seguenti componenti:

- Conduttori di energia
- Giunti diritti
- Giunti sezionati
- Terminali per esterno
- Cassette di sezionamento
- Cassette unipolari di messa a terra
- Sistema di telecomunicazioni

## 4.4 Caratteristiche meccaniche del conduttore di energia

Ciò che contraddistingue i cavi per posa interrata di ultima generazione è certamente la tipologia di isolamento, realizzata in XLPE (polietilene reticolato), che rende tali cavi particolarmente compatti, permette elevate capacità di trasporto ed infine non presenta problemi di carattere ambientale. Infatti, questa soluzione presenta il vantaggio di non richiedere alimentazione di fluido dielettrico, per cui non sono necessarie apparecchiature idrauliche ausiliarie per la sua funzionalità, con semplificazione dell'esercizio e l'annullamento di perdite di fluidi nei terreni circostanti da cui la garanzia della massima compatibilità ambientale. La tipologia di cavo in questione è inoltre caratterizzato da un isolante a basse perdite dielettriche. La figura a seguire, mostra uno schema di sezione tipo per questa tipologia di cavi.




| Legenda | |
|---|---|
| 1 | Conduttore in rame o alluminio |
| 2 | Schermo sul conduttore |
| 3 | Isolante |
| 4 | Schermo semiconduttore |
| 5 | Barriera contro la penetrazione di acqua |
| 6 | Schermo metallico |
| 7 | Guaina esterna |

L'anima del cavo è costituita da un conduttore a corda rotonda compatta di alluminio, avente sezione pari a 1000 mm².

Si tenga comunque presente che i dati su riportati sono indicativi e che le caratteristiche dei cavi potranno essere soggette a sensibili variazioni in sede di progettazione esecutiva.

Specifica tecnica del cavo proposto:

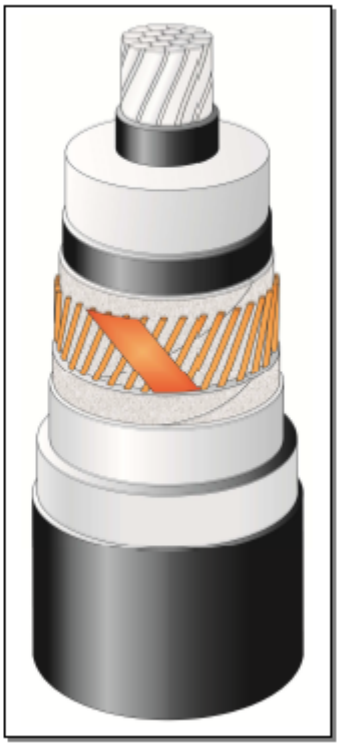
# TECHNICAL SPECIFICATION
# ARE4H1H5E FR 1x1000RM/120 220/400 (420)kV IEC 62067

## CONSTRUCTION (x)

- Round, stranded and compacted watertight aluminum conductor. Class 2.
- Extruded semi-conducting conductor screen
- Insulation XLPE – dry cured
- Extruded semi-conducting insulation screen
- Semi-conducting swelling tapes
- Metallic screen: copper wires screen and copper equalizing tapes
- Semi-conducting swelling tapes
- Longitudinal aluminum foil
- Sheath – black HDPE; halogen free, flame retardant acc. to IEC 60332-1-2
- Graphite coated

## MARKING

TF KABLE, product name, date of manufacture, standard, meter marking



The picture is informative only – not in scale

## APPLICATION

- Laying in ground (wet or dry locations)
- Laying in air
- Laying in ducts

## Highest permissible conductor temperature

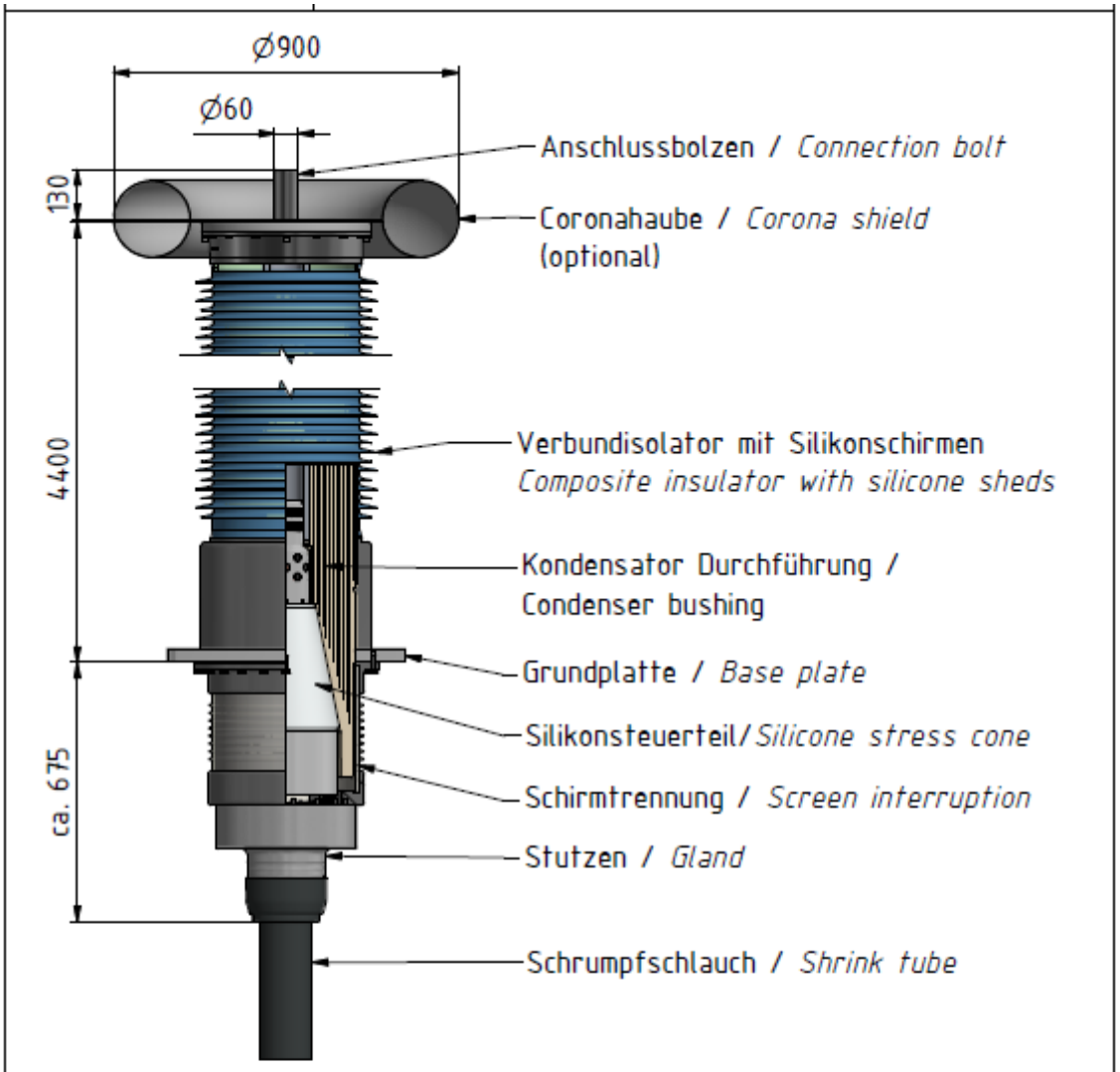
- Continuous operation 90°C
- Short circuit 250°C (duration max 5s)

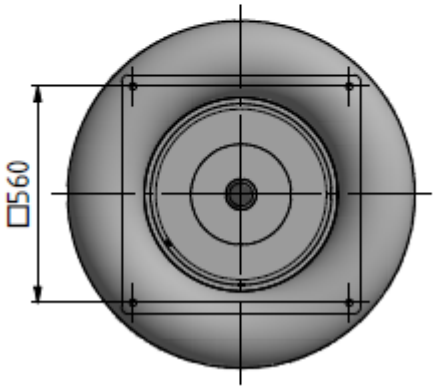
Laying is possible without any special measures at natural cable temperatures and ambient temperature not lower than -5°C, with Tele-Fonika supervising

| DESCRIPTION | UNIT | DETAILS | |
|---|---|---|---|
| **CONSTRUCTION DATA** | | | |
| Conductor – IEC 60228<br>▫ Material<br>▫ Number of wires | <br><br>No | <br>Aluminum<br>59 | |
| Nominal cross sectional area | $mm^2$ | 1000 | |
| Conductor diameter and tolerance | mm | $38.0^{-0.2+0.5}$ | |
| Min./Nom. thickness semi-conducting XLPE on conductor | mm | 1.2 / 1.5 | |
| Nominal insulation thickness XLPE | mm | 33.0 | |
| Insulation thickness: minimum at a point | mm | 29.7 | |
| Diameter over insulation – nominal | mm | $110.2^{\pm 1.5}$ | |
| Min./Nom. thickness semi-conducting XLPE on insulation | mm | 1.2 / 1.5 | |
| Thickness of semi-conducting swelling tape | No x mm | 2 x ~ 0.35 | |
| Metallic screen<br>▫ Copper wires<br>▫ Copper equalizing tapes | $mm^2$<br>No x mm<br>No x mm x mm | 120<br>74 x 1.44<br>2 x 10 x 0.18 | |
| Mean diameter over metallic screen | mm | 78.9 | |
| Thickness of semi-conducting swelling tape | No x mm | 2 x ~ 0.35 | |
| Thickness of aluminum foil | mm | 0.2 | |
| Nominal outer sheath thickness / min. | mm | 5.2 / 4.84 | |
| Approximate overall diameter completed cable ($D_e$) | mm | 130.7 | |
| Weight of complete cable (approx.) | kg/km | 15480 | |
| **DELIVERY DATA** | | | |
| Diameter of wooden \| steel drum<br>▫ type | m | 3.8<br>38 (2.5x2.2) | 4.1<br>42ZP |
| Maximum length per drum | m | 550 | 610 |
| Weight of heaviest reel, including cable | kg | 12270 | 12520 |

| ELECTRICAL DATA at 50Hz | | | |
|---|---|---|---|
| Maximum D.C. conductor resistance at 20°C | Ω/km | 0.0291 | |
| Maximum A.C. conductor resistance at 90°C | Ω/km | 0.0399 | |
| Maximum D.C. metallic screen resistance at 20°C | Ω/km | 0.153 | |
| Maximum D.C. aluminum foil resistance at 20°C | Ω/km | 0.353 | |
| Operating inductance | | | |
| ❑ trefoil formation | mH/km | 0.436 | |
| ❑ flat formation (*) | mH/km | 0.621 | |
| Induction reactance | | | |
| ❑ trefoil formation | Ω/km | 0.137 | |
| ❑ flat formation (*) | Ω/km | 0.195 | |
| Capacitance | µF/km | 0.146 (+ 8 %) | |
| Capacitance reactance | kΩ/km | 21.81 | |
| Impedance | | | |
| ❑ trefoil formation | Ω/km | 0.143 | |
| ❑ flat formation (*) | Ω/km | 0.199 | |
| Zero sequence reactance | Ω/km | 0.086 | |
| Max. electric stress at conductor screen / (at insulation) | kV/mm | 10.9 / 4.37 | |
| Dielectric losses (tg δ = 0.001) – per phase | W/m | 2.219 | |
| Partial discharge test – at 1.5Uo | pC | ≤ 5 | |
| Charging current – per phase | A/km | 10.09 | |
| Charging power | kVA/km | 2219 | |
| Earth fault current – per phase | A/km | 30.26 | |
| **MECHANICAL DATA** | | | |
| Recommended min. bending radius for laying | m | 3.27 | |
| Recommended permissible bending radius at final installation | m | 2.61 | |
| Maximum permissible pulling force: | kN | 30 | |
| **SHORT CIRCUIT CURRENTS** | | | |
| Maximum permissible thermal short-circuit ( IEC 60949 ) | | | |
| *Current for* | *sec.* | *0.5* | *1.0* |
| Phase conductor 90 → 250°C | kA | 134.4 | 95.3 |
| Metallic screen 80 → 180°C (Cu wires) / 75 → 150°C (Al foil) | kA | 31.5 | 20 |
| **AMPACITY (**) – Bonding of the metallic screens** | | **single point / both end** | |
| in earth | | | |
| ❑ flat formation (*) | A | 891 / 657 | |
| ❑ trefoil formation | A | 819 / 731 | |
| in air | | | |
| ❑ flat formation | A | 1138 / 924 | |
| ❑ trefoil formation | A | 1038 / 973 | |
| **TESTS** | | | |
| AC – test voltage – (2Uo; 60min) | kV | 440 | |
| Impulse voltage | kV | 1050 | |
| Partial discharge test | kV | 330 | |

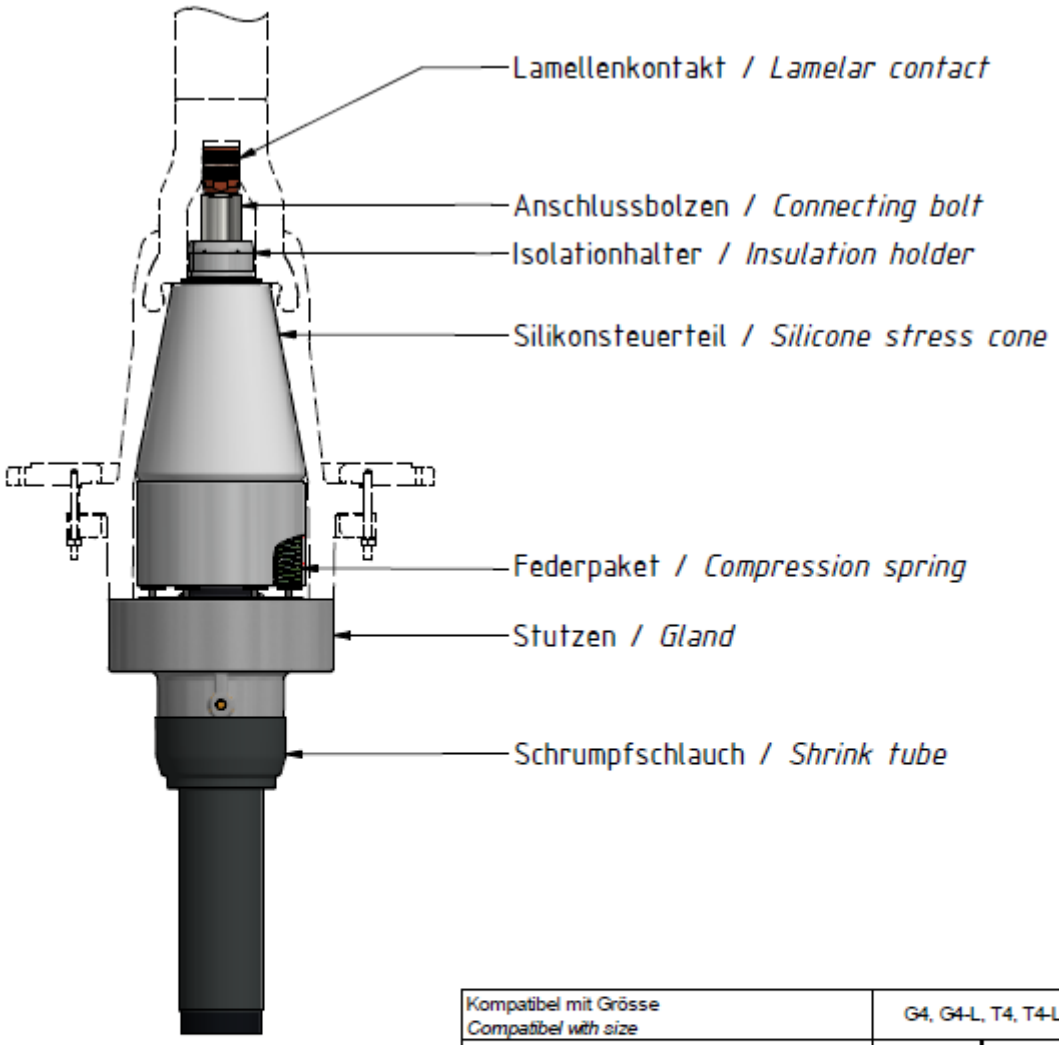
## **4.5** Specifica tecnica dei terminali lato Terna 420kV Aria AT:

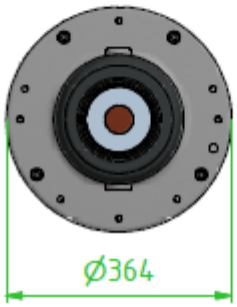



| | | |
|---|---|---|
| Max. Betriebsspannung (Um)<br>*Highest Voltage for the equipment (Um)* | kV | 420 |
| Max. Betriebsstrom<br>*Max. Current rating* | A | 2500 |
| Dimensionen gemäss<br>*Dimensions according to* | IEC 62067 | |
| Min./Max. ø über Kabelisolierung geschält<br>*Min./Max. ø over cable insulation prepared* | mm | 70 - 130 |
| Max. Kabelquerschnitt (ca.)<br>*Max. cable cross section (approx.)* | $mm^2$ | 3200 |
| Max. Kurzschlussstrom 1 sek.<br>*Max. Shorth circuit current 1 sec.* | kA | 63 |
| Gewicht<br>*Weight* | kg | 985 |

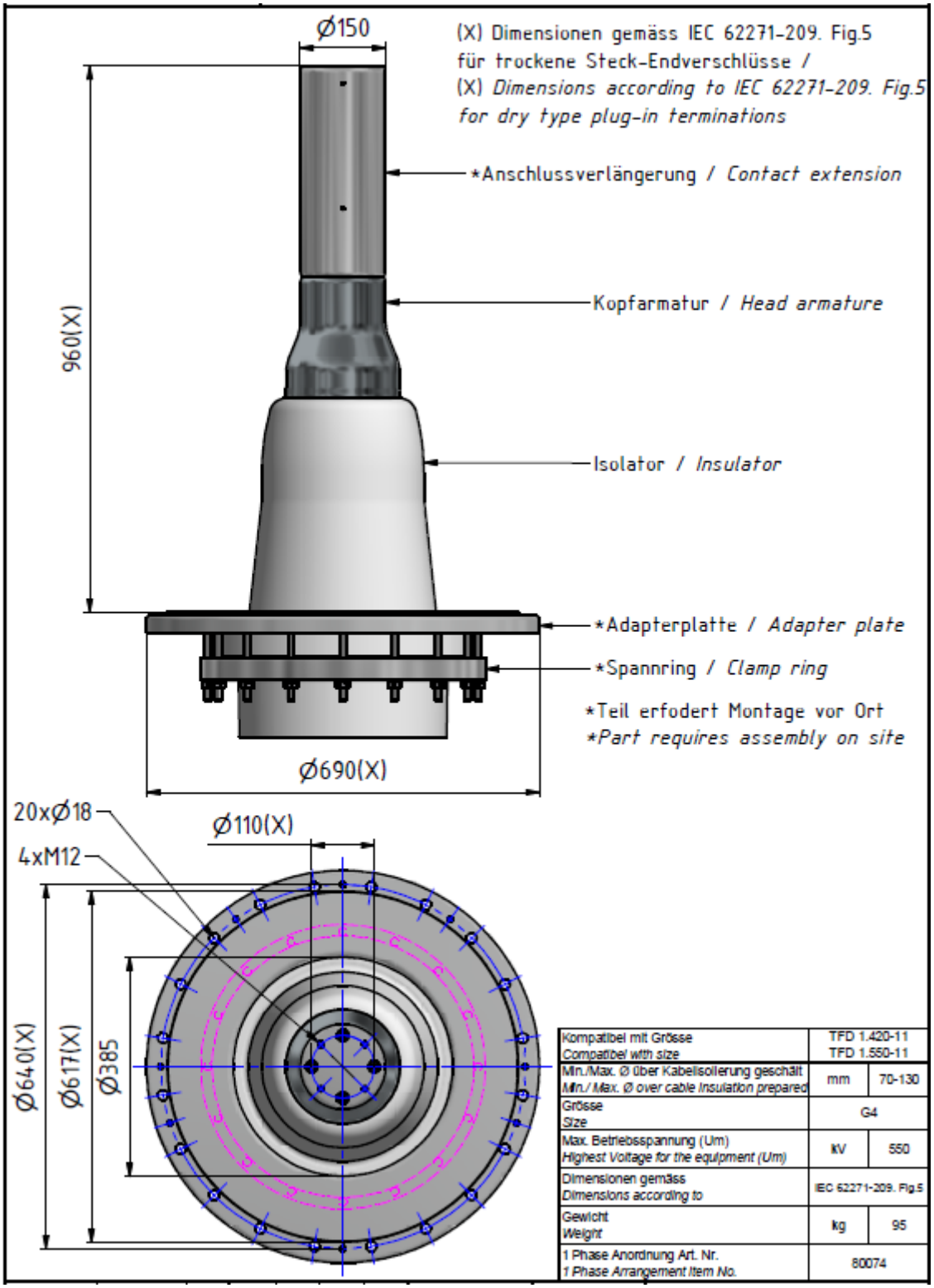
## **4.6** Specifica tecnica dei terminali lato stazione utente 420kV GIS AT:



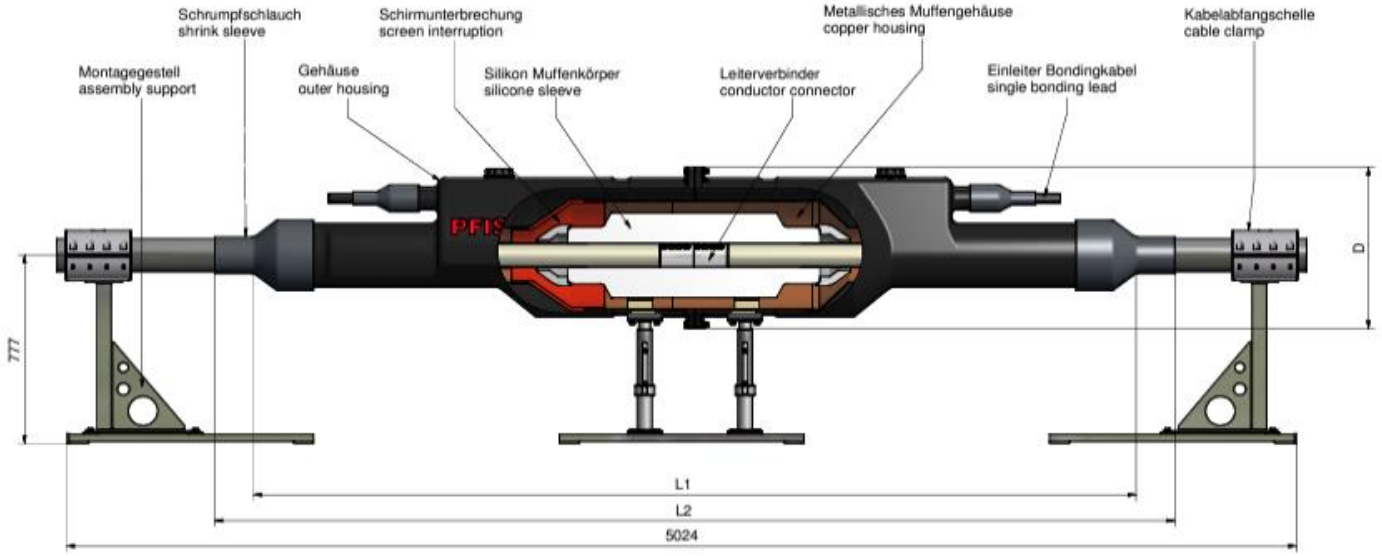

| | | |
|---|---|---|
| Kompatibel mit Grösse<br>*Compatibel with size* | G4, G4-L, T4, T4-L | |
| Max. Betriebsspannung (Um)<br>*Highest Voltage for the equipment (Um)* | kV | 420 |
| Max. Betriebsstrom<br>*Max. Current rating* | A | 4000 |
| Dimensionen gemäss<br>*Dimensions according to* | IEC 62271-209 | |
| Min./Max. ø über Kabelisolierung geschält<br>*Min./Max. ø over cable insulation prepared* | mm | 70 - 130 |
| Max. Kabelquerschnitt (ca.)<br>*Max. cable cross section (approx.)* | $mm^2$ | 2500 |
| Max. Kurzschlussstrom 1 sek.<br>*Max. Shorth circuit current 1 sec.* | kA | 80 |
| Max. Kurzschlussstrom 3 sek.<br>*Max. Shorth circuit current 3 sec.* | kA | 50 |
| Gewicht<br>*Weight* | kg | 55 |

## **4.7** Specifica tecnica presa terminali lato stazione utente 420kV GIS AT:




| | | |
|---|---|---|
| Kompatibel mit Grösse<br>*Compatibel with size* | TFD 1.420-11<br>TFD 1.550-11 | |
| Min./Max. Ø über Kabelisolierung geschält<br>*Min./Max. Ø over cable insulation prepared* | mm | 70-130 |
| Grösse<br>*Size* | G4 | |
| Max. Betriebsspannung (Um)<br>*Highest Voltage for the equipment (Um)* | kV | 550 |
| Dimensionen gemäss<br>*Dimensions according to* | IEC 62271-209. Fig.5 | |
| Gewicht<br>*Weight* | kg | 95 |
| 1 Phase Anordnung Art. Nr.<br>*1 Phase Arrangement Item No.* | 80074 | |

## 4.8 Tipologia di giunzioni 420kV AT :




## Technical Data

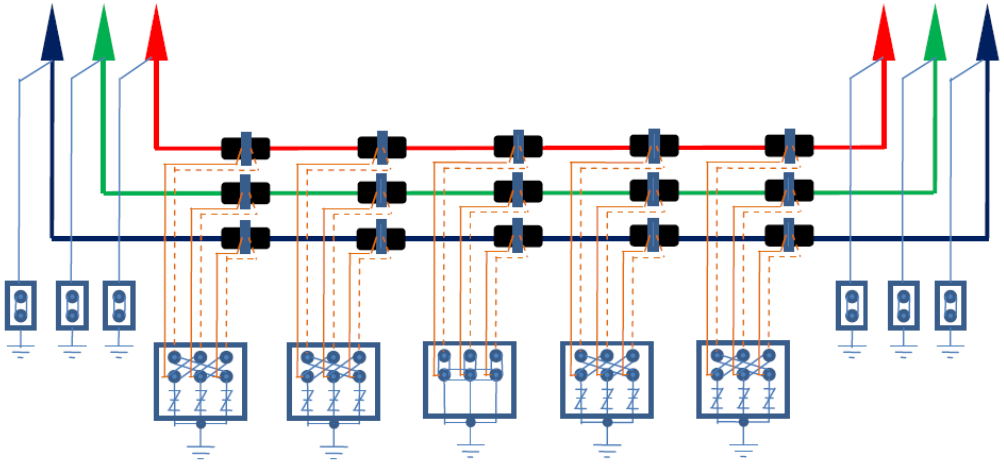
| Article no. | | MSA420-XLMG |
|---|---|---|
| Max. system voltage | $U_m$ (kV) | 420 |
| Screen version | | screen interruption with 2 single core bonding cables |
| Outer housing | | plastic housing moisture sealed (polypropylene) |
| Inner housing | | metal housing (Cu) |
| Applicable standards | | IEC 62067 |
| Conductor cross section | ($mm^2$) | 630 - 2500 |
| Diameter over cable insulation - prepared | (mm) | 72.0 - 131.0* |
| Rated lightning impulse withstand voltage BIL | (kV) | 1425 |

## 4.9 Tipologia di connessione schermi

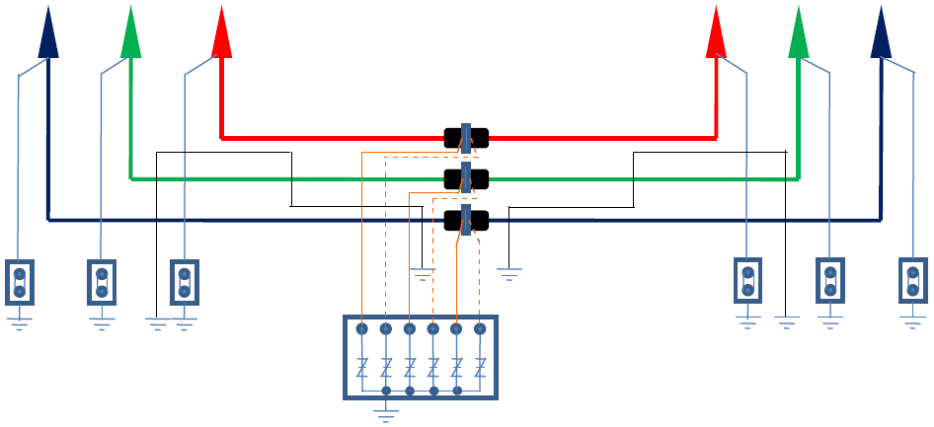
Tra le possibili modalità di collegamento degli schermi metallici sarà utilizzata la cosiddetta modalità del cross bonding, in cui il collegamento in cavo viene suddiviso in tre tratte elementari (o multipli di tre) di uguale lunghezza, generalmente corrispondenti con le pezzature di posa.

Il mid point bonding che consente la realizzazione di due semplici collegamenti in single point bonding proprio per far fronte a pezzature dei cavi dispari.

CROSS BONDING:



MID POINT BONDING:



## 5 Modalità di posa dei cavidotti

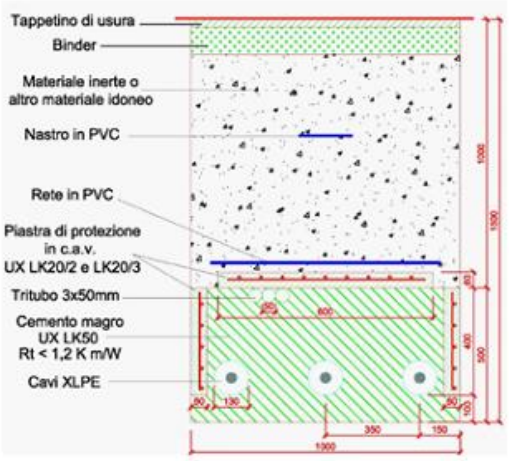
Le due linee, per quanto possibile verranno posate in trincea ed intubate nei tratti necessariamente da realizzarsi con trivellazioni orizzontali computerizzate TOC.

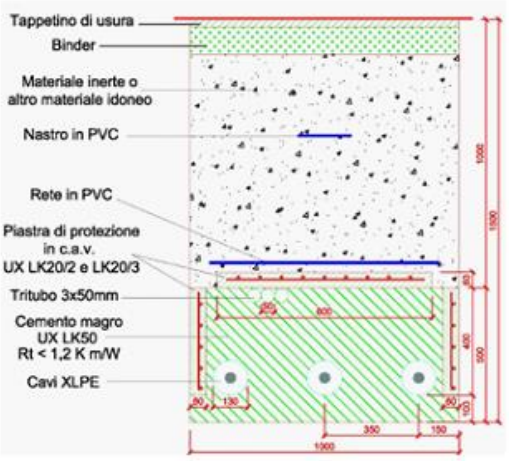
I due cavidotti, proprio per garantire la totale indipendenza gli uni dagli altri verranno posati sullo stesso percorso con una interdistanza tra i due scavi di circa 3,1 metri.

Questa configurazione permette di rendere indipendente ogni elettrodotto e permette nel caso di danno la possibilità di intervento sulla singola linea mantenendo in servizio senza limiti la seconda linea.

In questa configurazione avremo la totale ridondanza sull'alimentazione.

Per i due Cavidotti si adotteranno le seguenti modalità di posa:

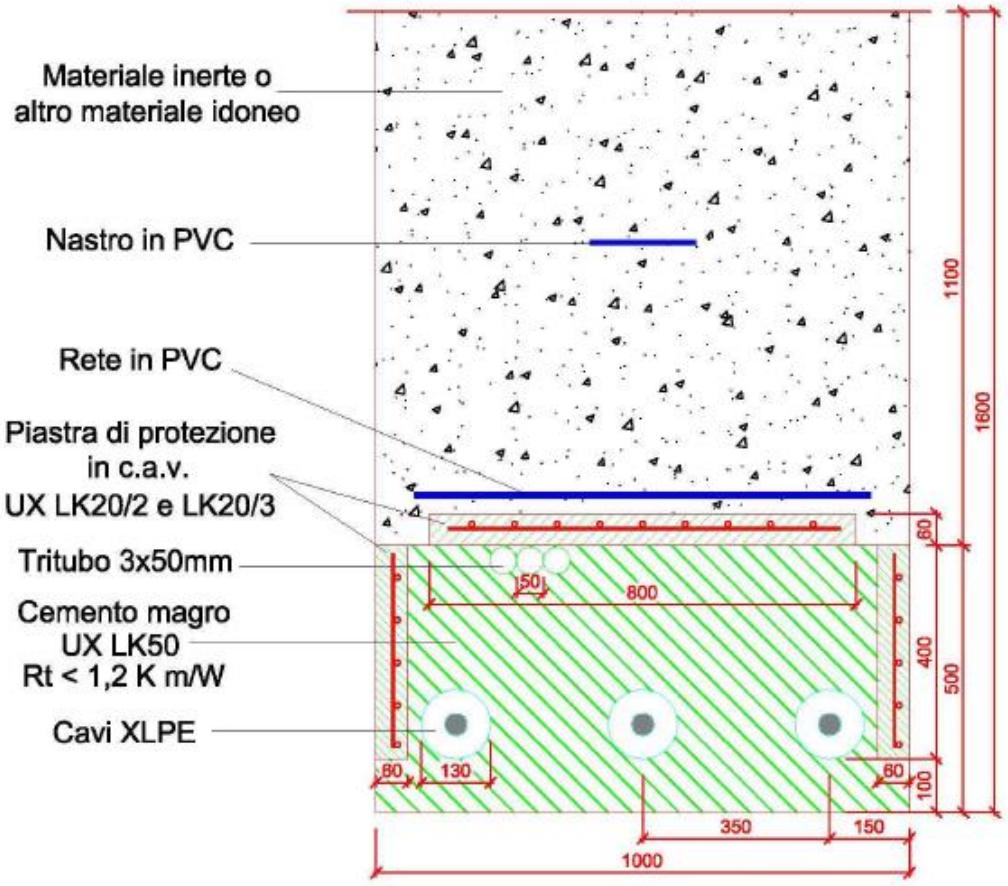


CAVO 220-380 kV in piano

ALLEGATO "A3"

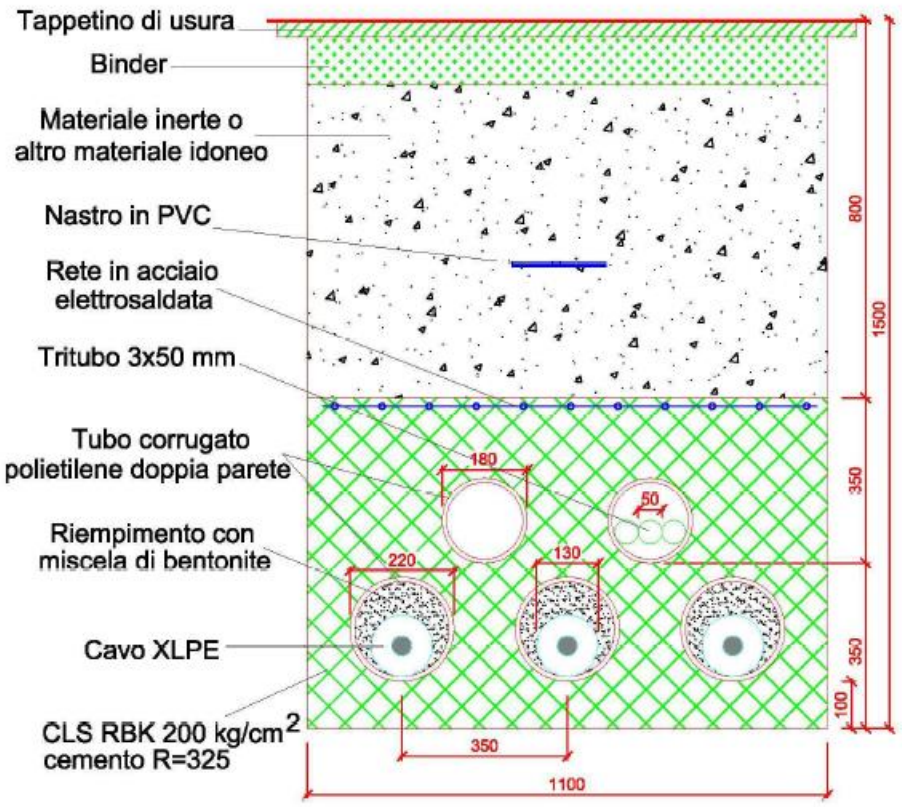
POSA IN TERRENO AGRICOLO



CAVO 220-380 kV in piano

ALLEGATO "C2"

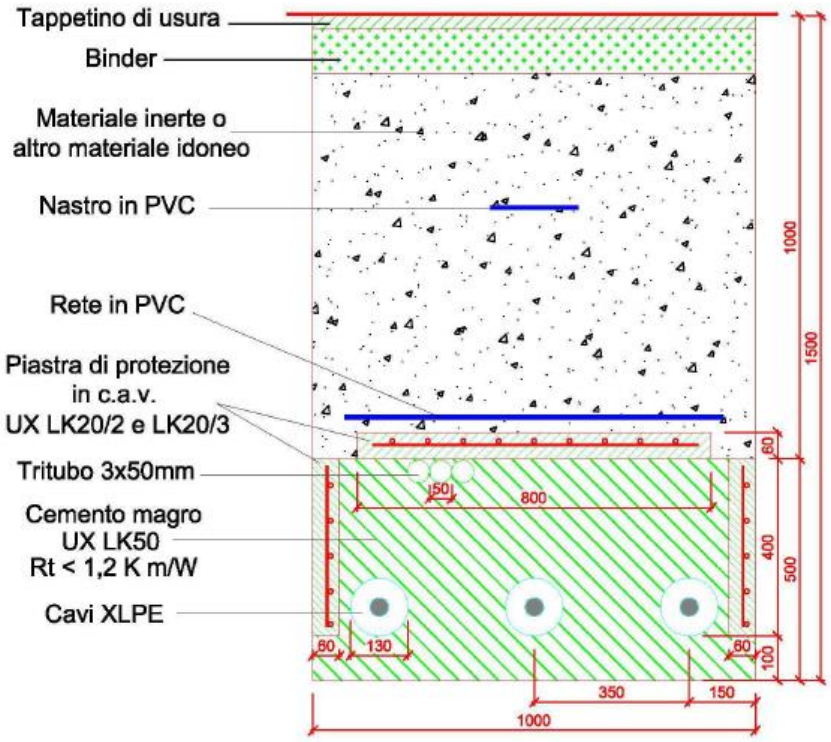
POSA IN ATTRAVERSAMENTO STRADALE



CAVO 220-380 kV in piano

ALLEGATO "B3"

POSA SU STRADE URBANE ED EXTRAURBANE



## 5.1 Trivellazione Orizzontale Controllata (TOC)

La tecnica prevede una perforazione eseguita mediante una portasonda teleguidata ancorata a delle aste metalliche. L'avanzamento avviene per la spinta esercitata a forti pressioni di acqua o miscele di acqua e polimeri totalmente biodegradabili; per effetto della spinta il terreno è compresso lungo le pareti del foro. L'acqua è utilizzata anche per raffreddare l'utensile. Questo sistema non comporta alcuno scavo preliminare, ma richiede solo di effettuare eventualmente delle buche di partenza e di arrivo; non comporta quindi, di demolire prima e di ripristinare poi le eventuali sovrastrutture esistenti.
Le fasi principali del processo della TOC sono le seguenti:

- delimitazione delle aree di cantiere;
- realizzazione del foro pilota;
- alesatura del foro pilota e contemporanea posa dell'infrastruttura (tubazione).

Da una postazione di partenza in cui viene posizionata l'unità di perforazione, attraverso un piccolo scavo di invito viene trivellato un foro pilota di piccolo diametro, lungo il profilo di progetto che prevede il passaggio lungo il tratto indicato raggiungendo la superficie al latoopposto dell'unità di perforazione. Il controllo della posizione della testa di perforazione, giuntata alla macchina attraverso aste metalliche che permettono piccole curvature, è assicurato da un sistema di sensori posti sulla testa stessa. Una volta eseguito il foro pilota viene collegato alle aste un alesatore di diametro leggermente superiore al diametro della tubazione che deve essere trascinata all'interno del foro definitivo. Tale operazione viene effettuata servendosi della rotazione delle aste sull'alesatore, e della forza di tiro della macchina per trascinare all'interno del foro un tubo generalmente in PE di idoneo spessore. Le operazioni di trivellazione e di tiro sono agevolate dall'uso di fanghi o miscele acqua-polimeri totalmente biodegradabili, utilizzati attraverso pompe e contenitori appositi che ne impediscono la dispersione nell'ambiente. Con tale sistema è possibile installare condutture al di sotto di grandi vie, di corsi d'acqua, canali marittimi, vie di comunicazione quali autostrade e ferrovie (sia in senso longitudinale che trasversale), edifici industriali, abitazioni, parchi naturali etc.

In corrispondenza degli attraversamenti di canali, svincoli stradali, ferrovia o di altro servizio che non consenta l'interruzione del traffico, l'installazione potrà essere realizzata con il sistema dello spingitubo o della perforazione teleguidata, che non comportano alcun tipo di interferenza con le strutture superiori esistenti che verranno attraversate in sottopasso.
Gli attraversamenti delle opere interferenti saranno eseguiti in accordo a quanto previsto dalla Norma CEI 11-17.

## 5.2 Buche giunti

Problemi legati al trasporto e messa in opera dei cavi fanno si che, in genere, non si realizzino pezzature di cavo superiori ai seicento/settecento metri; ecco quindi la necessità di realizzare dei giunti, per elettrodotti di lunghezza superiore.

• I giunti necessari per il collegamento del cavo, saranno posizionati lungo il percorso del cavo, a metri 600-700 circa l'uno dall'altro, ed ubicati all'interno di apposite buche che avranno una configurazione come indicato nell'elaborato di dettaglio, di cui sintetizziamo gli aspetti caratteristici:

• I giunti, saranno collocati in apposita buca ad una profondità prevalente di m -2,00 ca. (quota fondo buca) e alloggiati in appositi loculi, costituiti da mattoni o blocchetti in calcestruzzo.

• I loculi saranno riempiti con sabbia e coperti con lastre in calcestruzzo armato, aventi funzione di protezione meccanica.

• Sul fondo della buca giunti, sarà realizzata una platea di sottofondo in c.l.s, allo scopo di creare un piano stabile sul quale poggiare i supporti dei giunti. Inoltre, sarà realizzata una

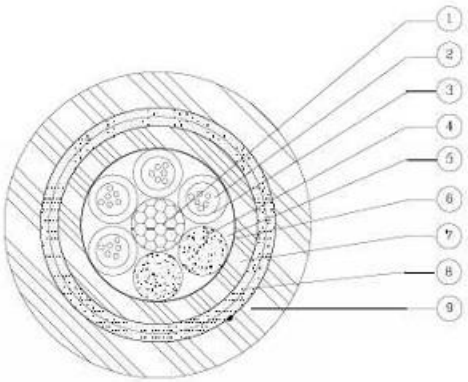
maglia di terra locale costituita da 4 o più picchetti, collegati fra loro ed alla cassetta di sezionamento, per mezzo di una corda in rame.

• Accanto alla buca di giunzione sarà installato un pozzetto per l'alloggiamento della cassetta di sezionamento della guaina dei cavi. Agendo sui collegamenti interni della cassetta è possibile collegare o scollegare le guaine dei cavi dall'impianto di terra.

Tuttavia, per motivi di diversa natura, ci si riserva di ottimizzarla durante la fase di progettazione esecutiva, a seguito di indagini mirate alla precisa individuazione dei sottoservizi.

## 5.3 Sistemi di telecomunicazione

Per la trasmissione dati e per il sistema di protezione, comando e controllo dell'impianto, sarà realizzato un sistema di telecomunicazione tra le stazioni terminali dei collegamenti. Esso sarà costituito da un cavo con 24 fibre ottiche opportunamente posato nel tubo ausiliario al fianco delle vie cavi principali.



(24f illustrate)

1- Elemento centrale di supporto dielettrico
2- Fibre ottiche
3- Tubetti loose tamponanti con jelly
4- Riempitivi
5- Tamponatura nucleo
6- Fasciatura con nastro sintetico
7- Guaina interna in PE
8- Filati aramidici
9- Guaina esterna in PE

Il sistema di telecomunicazione sarà attestato alle estremità della mediante terminazioni negli apparati ripartitori, i quali a loro volta saranno collocati all'interno d'apposti armadi.

# 6 VALUTAZIONE DEI CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI

## 6.1 Richiami normativi

Le linee guida per la limitazione dell'esposizione ai campi elettrici e magnetici variabili nel tempo ed ai campi elettromagnetici sono state indicate nel 1998 dalla ICNIRP (Commissione Internazionale per la Protezione dalle Radiazioni Non Ionizzanti).

Il 12-7-99 il Consiglio dell'Unione Europea (UE) ha emesso una Raccomandazione agli Stati Membri volta alla creazione di un quadro di protezione della popolazione dai campi elettromagnetici, che si basa sui migliori dati scientifici esistenti; a tale proposito il Consiglio ha avallato proprio le linee guida dell'ICNIRP. Successivamente nel 2001, a seguito di un'ultima analisi condotta sulla letteratura scientifica, un Comitato di esperti della Commissione Europea ha raccomandato alla UE di continuare ad adottare tali linee guida.

Lo Stato Italiano è successivamente intervenuto, con finalità di riordino e miglioramento della normativa in materia allora vigente in Italia attraverso la Legge quadro 36/2001, che ha individuato ben tre livelli di esposizione ed ha affidato allo Stato il compito di determinarli e aggiornarli periodicamente in relazione agli impianti che possono comportare esposizione della popolazione a campi elettrici e magnetici con frequenze comprese tra 0Hz e 300 GHz.

L'art. 3 della Legge 36/2001 ha definito:

- *limite di esposizione* il valore di campo elettromagnetico da osservare ai fini della tutela della salute da effetti acuti;
- *valore di attenzione*, come quel valore del campo elettromagnetico da osservare quale misura di cautela ai fini della protezione da possibili effetti a lungo termine;
- *obiettivo di qualità*, come criterio localizzativo e standard urbanistico, oltre che come valore di campo elettromagnetico ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione.

Tale legge quadro italiana (36/2001), come ricordato dal citato Comitato di esperti della Commissione Europea, è stata emanata nonostante le raccomandazioni del Consiglio dell'Unione Europea del 12-7-99 sollecitassero gli Stati membri ad utilizzare le linee guida internazionali stabilite dall'ICNIRP. Tutti i paesi dell'Unione Europea hanno accettato il parere del Consiglio della UE, mentre l'Italia ha adottato misure più restrittive di quelle indicate dagli Organismi internazionali.

In esecuzione della predetta Legge quadro, è stato infatti emanato il D.P.C.M. 08.07.2003 "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti.", che ha fissato il limite di esposizione in 100

microtesla (μT) per l'induzione magnetica e 5kV/m per il campo elettrico; ha stabilito il valore di attenzione di 10 μT, a titolo di cautela per la protezione da possibili effetti a lungo termine nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere; ha fissato, quale obiettivo di qualità, da osservare nella progettazione di nuovi elettrodotti, il valore di 3 μT. È stato altresì esplicitamente chiarito che tali valori sono da intendersi come mediana di valori nell'arco delle 24 ore, in condizioni normali di esercizio. Si segnala come i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità stabiliti dal Legislatore italiano siano rispettivamente 10 e 33 volte più bassi di quelli internazionali.

Al riguardo è opportuno anche ricordare che, in relazione ai campi elettromagnetici, la tutela della salute viene attuata – nell'intero territorio nazionale – esclusivamente attraverso il rispetto dei limiti prescritti dal D.P.C.M. 08.07.2003, al quale soltanto può farsi utile riferimento.

In tal senso, con sentenza n. 307 del 7.10.2003 la Corte Costituzionale ha dichiarato l'illegittimità di alcune leggi regionali in materia di tutela dai campi elettromagnetici, per violazione dei criteri in tema di ripartizione di competenze fra Stato e Regione stabiliti dal nuovo Titolo V della Costituzione[1]. Come emerge dal testo della sentenza, una volta fissati i

---

[1] Nella sentenza (pagg. 51 e segg.) si legge testualmente: "*L'esame di alcune delle censure proposte nei ricorsi presuppone che si risponda all'interrogativo se i valori–soglia (limiti di esposizione, valori di attenzione, obiettivi di qualità definiti come valori di campo), la cui fissazione è rimessa allo Stato, possano essere modificati dalla Regione, fissando valori–soglia più bassi, o regole più rigorose o tempi più ravvicinati per la loro adozione. La risposta richiede che si chiarisca la ratio di tale fissazione. Se essa consistesse esclusivamente nella tutela della salute dai rischi dell'inquinamento elettromagnetico, potrebbe invero essere lecito considerare ammissibile un intervento delle Regioni che stabilisse limiti più rigorosi rispetto a quelli fissati dallo Stato, in coerenza con il principio, proprio anche del diritto comunitario, che ammette deroghe alla disciplina comune, in specifici territori, con effetti di maggiore protezione dei valori tutelati (cfr. sentenze n. 382 del 1999 e n. 407 del 2002). Ma in realtà, nella specie, la fissazione di valori–soglia risponde ad una ratio più complessa e articolata. Da un lato, infatti, si tratta effettivamente di proteggere la salute della popolazione dagli effetti negativi delle emissioni elettromagnetiche (e da questo punto di vista la determinazione delle soglie deve risultare fondata sulle conoscenze scientifiche ed essere tale da non pregiudicare il valore protetto); dall'altro, si tratta di consentire, anche attraverso la fissazione di soglie diverse in relazione ai tipi di esposizione, ma uniformi sul territorio nazionale, e la graduazione nel tempo degli obiettivi di qualità espressi come valori di campo, la realizzazione degli impianti e delle reti rispondenti a rilevanti interessi nazionali, sottesi alle competenze concorrenti di cui all'art. 117, terzo comma, della Costituzione, come quelli che fanno capo alla distribuzione dell'energia e allo sviluppo dei sistemi di telecomunicazione. Tali interessi, ancorché non resi espliciti nel dettato della legge quadro in esame, sono indubbiamente sottesi alla considerazione del "preminente interesse nazionale alla definizione di criteri unitari e di normative omogenee" che, secondo l'art. 4, comma 1, lettera a, della legge quadro, fonda l'attribuzione allo Stato della funzione di determinare detti valori–soglia. In sostanza, la fissazione a livello nazionale dei valori–soglia, non derogabili dalle Regioni nemmeno in senso più restrittivo, rappresenta il punto di equilibrio fra le esigenze contrapposte di evitare al massimo l'impatto delle emissioni elettromagnetiche, e di realizzare impianti necessari al paese, nella logica per cui la competenza delle Regioni in materia di trasporto dell'energia e di ordinamento della comunicazione è di tipo concorrente, vincolata ai principi fondamentali stabiliti dalle leggi dello Stato. Tutt'altro discorso è a farsi circa le discipline localizzative e territoriali. A questo proposito è logico che riprenda pieno vigore l'autonoma capacità delle Regioni e degli enti locali di regolare l'uso del proprio territorio, purché, ovviamente, criteri localizzativi e standard urbanistici rispettino le esigenze della pianificazione nazionale degli impianti e non siano, nel merito, tali da impedire od ostacolare ingiustificatamente l'insediamento degli stessi".*

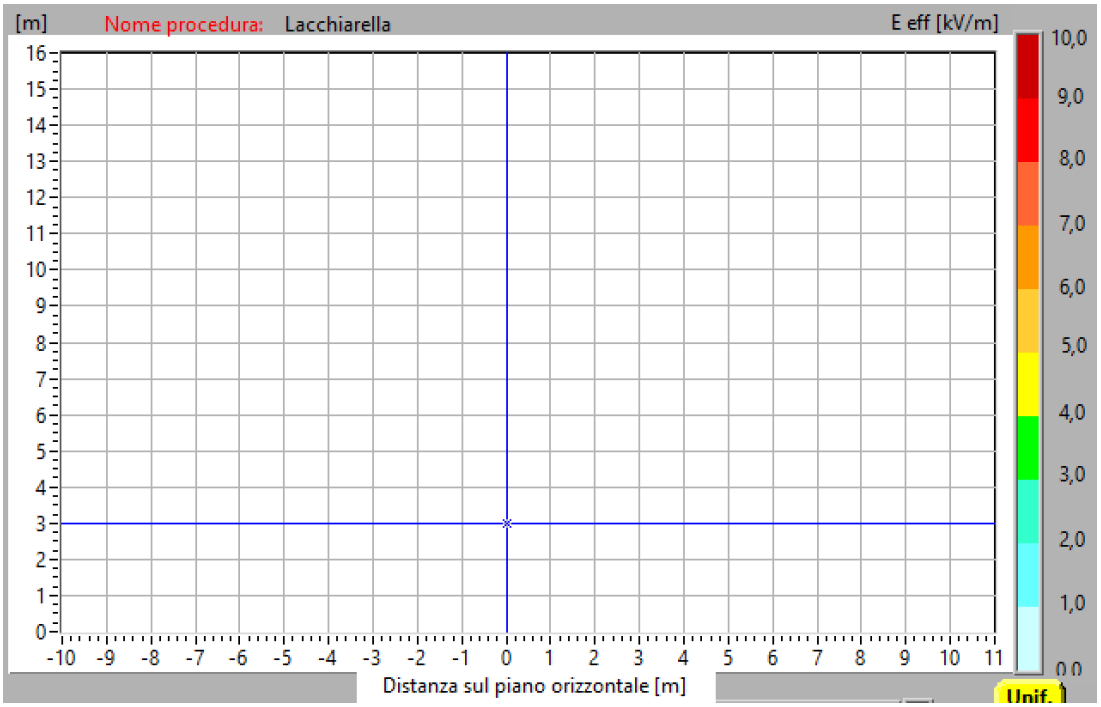
valori-soglia di cautela per la salute, a livello nazionale, non è consentito alla legislazione regionale derogarli neanche in melius.

## 6.2 Campi elettrici e magnetici

La linea elettrica durante il suo normale funzionamento genera un campo elettrico ed un campo magnetico. Il primo è proporzionale alla tensione della linea stessa, mentre il secondo è proporzionale alla corrente che vi circola. Entrambi decrescono molto rapidamente con la distanza, come riportato nei grafici seguenti.

## 6.3 Valutazione del campo elettrico

Nel caso di cavi interrati, la presenza dello schermo e la relativa vicinanza dei conduttori delle tre fasi elettriche rende di fatto il campo elettrico nullo ovunque. Pertanto il rispetto della normativa vigente in corrispondenza dei recettori sensibili è sempre garantito indipendentemente dalla distanza degli stessi dall'elettrodotto. Non si riporta rappresentazione del calcolo del campo elettrico prodotto dalla linea in cavo, poiché **il campo elettrico esterno al cavo è nullo.**




Pertanto il rispetto della normativa vigente in corrispondenza dei recettori sensibili è sempre garantito ovunque, indipendentemente dalla distanza degli stessi dall'elettrodotto.

## 6.4 Fasce di rispetto

Per "fasce di rispetto" si intendono quelle definite dalla Legge 22 febbraio 2001 n° 36, all'interno delle quali non è consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale, scolastico, sanitario, ovvero un uso che comporti una permanenza superiore a 4 ore, da determinare in conformità alla metodologia di cui al D.P.C.M. 08/07/2003.

Scopo dei paragrafi seguenti è il calcolo delle fasce di rispetto, tramite l'applicazione della suddetta metodologia di calcolo, per la linea in oggetto.

## 6.5 Metodologia di calcolo delle fasce di rispetto

*Correnti di calcolo*

Ai sensi dell'art. 6 comma 1 del DPCM 8 luglio 2003, la corrente da utilizzare nel calcolo è la *portata in corrente in servizio normale* relativa al periodo stagionale in cui essa è più elevata (periodo freddo).

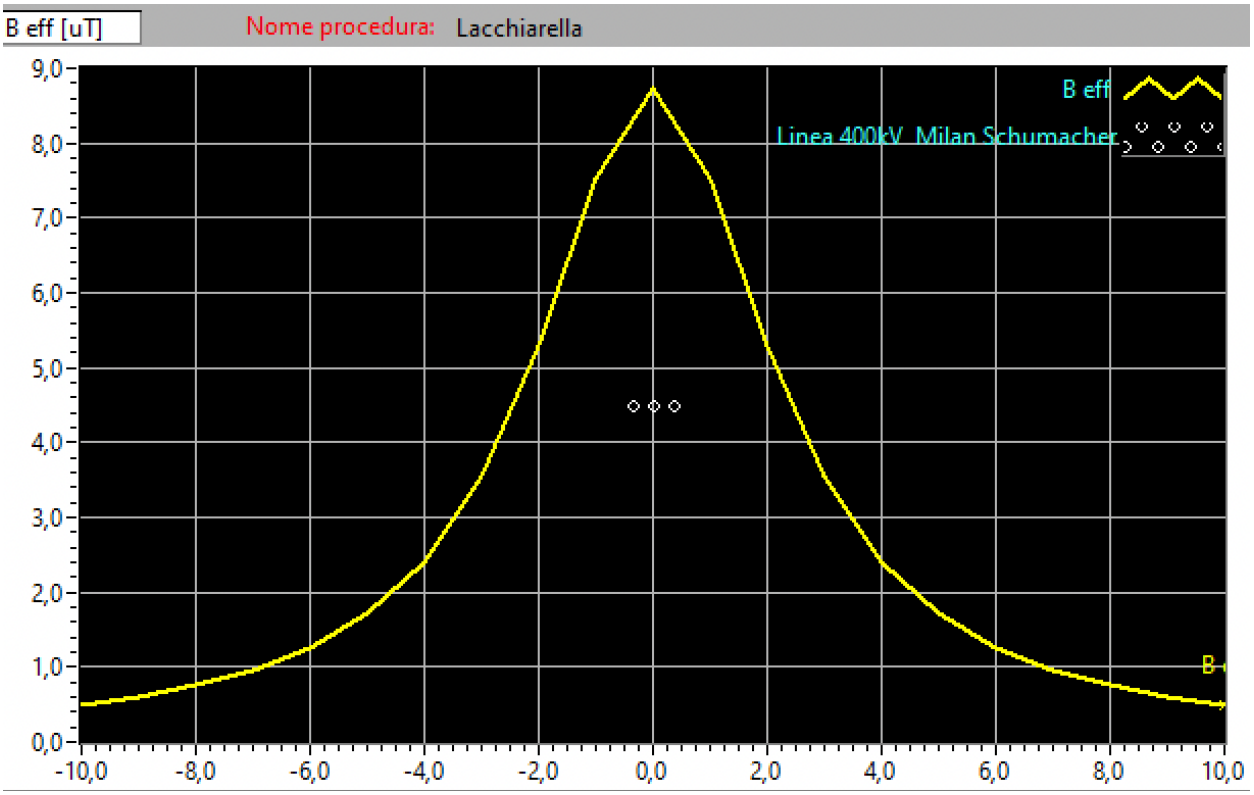
Nei casi in esame la portata in corrente del conduttore di riferimento nel periodo freddo alla potenza nominale richiesta è pari a 434 A per il livello di tensione a 420 kV.

*Calcolo della Distanza di prima approssimazione (Dpa)*

Al fine di semplificare la gestione territoriale e il calcolo delle fasce di rispetto, il Decreto 29 Maggio 2008 prevede che il gestore debba calcolare la distanza di prima approssimazione, definita come "*la distanza in pianta sul livello del suolo, dalla proiezione del centro linea, che garantisce che ogni punto la cui proiezione al suolo disti dalla proiezione del centro linea più di Dpa si trovi all'esterno delle fasce di rispetto*".

Ai fini del calcolo della DPA per la linea in oggetto è stato utilizzato un programma sviluppato in aderenza alla norma CEI 211-4; inoltre i calcoli sono stati eseguiti in conformità a quanto disposto dal D.P.C.M. 08/07/2003.

Nel caso dei collegamenti in cavo interrato i grafici per le fasce di rispetto e DPA sono quelli riportati di seguito considerando tre conduttori posati in piano alla massima potenza assorbibile dall'impianto "Milan Schumacher". Essendo due gli elettrodotti, ed avendo una fascia di rispetto di 4 metri tra i due, il calcolo verrà effettuato sul primo cavidotto e di conseguenza riportato sul secondo in quanto nei 4 metri di distanza non ci saranno interazioni tra i due elettrodotti.

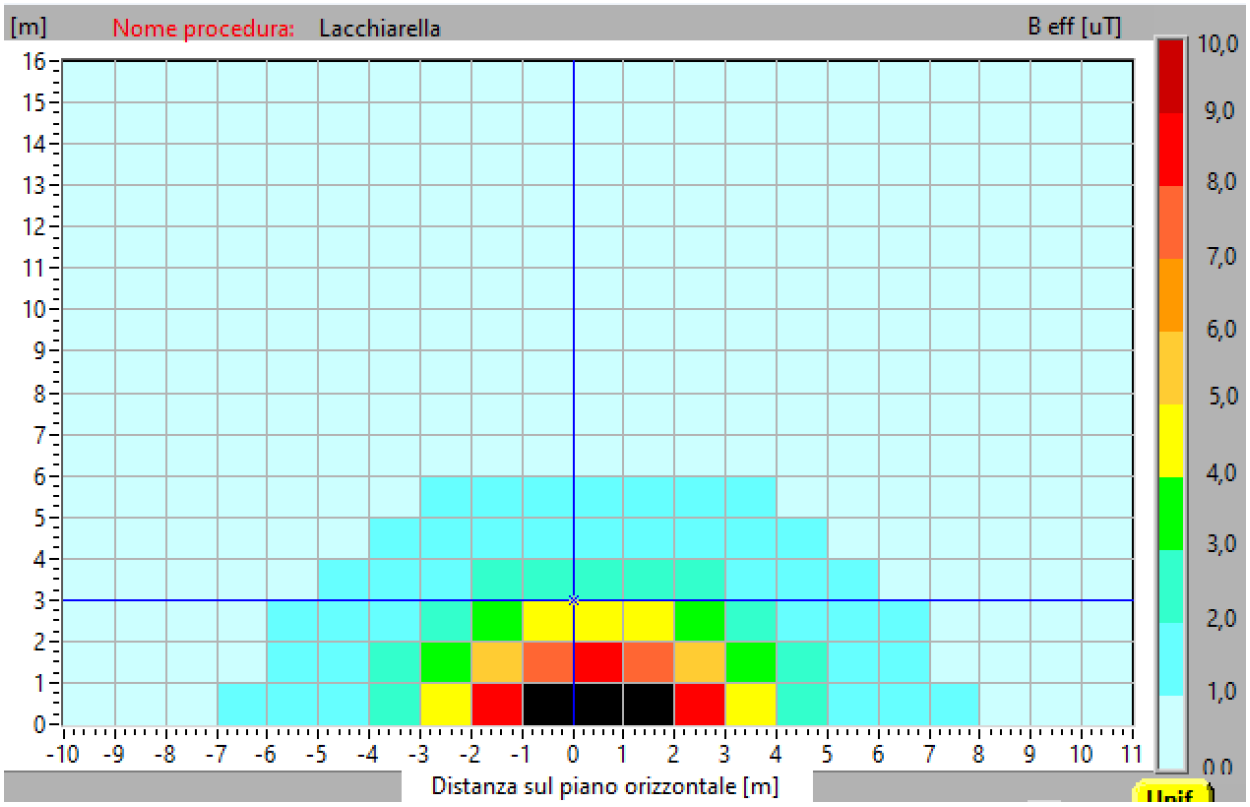



*Andamento del campo magnetico sul profilo laterale*

| Distanza [m] | E orizzontal [kV/n] | E verticale [kV/n] | E risult. [kV/n] | B orizzontal [µT] | B verticale [µT] | B risult. [µT] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| -10.000 | NaN | NaN | NaN | 0.229 | 0.442 | 0.497 |
| -9.000 | NaN | NaN | NaN | 0.306 | 0.523 | 0.606 |
| -8.000 | NaN | NaN | NaN | 0.421 | 0.626 | 0.754 |
| -7.000 | NaN | NaN | NaN | 0.597 | 0.752 | 0.960 |
| -6.000 | NaN | NaN | NaN | 0.879 | 0.901 | 1.258 |
| -5.000 | NaN | NaN | NaN | 1.347 | 1.048 | 1.707 |
| -4.000 | NaN | NaN | NaN | 2.145 | 1.095 | 2.408 |
| -3.000 | NaN | NaN | NaN | 3.465 | 0.705 | 3.536 |
| -2.000 | NaN | NaN | NaN | 5.178 | 1.129 | 5.300 |
| -1.000 | NaN | NaN | NaN | 5.215 | 5.427 | 7.526 |
| 0.000 | NaN | NaN | NaN | 0.722 | 8.702 | 8.732 |
| 1.000 | NaN | NaN | NaN | 5.215 | 5.427 | 7.526 |
| 2.000 | NaN | NaN | NaN | 5.178 | 1.129 | 5.300 |
| 3.000 | NaN | NaN | NaN | 3.465 | 0.705 | 3.536 |
| 4.000 | NaN | NaN | NaN | 2.145 | 1.095 | 2.408 |
| 5.000 | NaN | NaN | NaN | 1.347 | 1.048 | 1.707 |
| 6.000 | NaN | NaN | NaN | 0.879 | 0.901 | 1.258 |
| 7.000 | NaN | NaN | NaN | 0.597 | 0.752 | 0.960 |
| 8.000 | NaN | NaN | NaN | 0.421 | 0.626 | 0.754 |
| 9.000 | NaN | NaN | NaN | 0.306 | 0.523 | 0.606 |
| 10.000 | NaN | NaN | NaN | 0.229 | 0.442 | 0.497 |

Nella condizione del cavo posto a terra da entrambe i lati, la DPA come da calcolo allegato risulta essere pari a circa 3,5 metri per lato misurato dall'asse di simmetria del cavidotto.

Considerando che il cavidotto sarà posato su terreno vegetale, alla profondità di 1,6 metri minimo (1,5 metri allettamento cavo), si verifica che a livello del piano di campagna l'induzione elettromagnetica risulta inferiore al valore di attenzione dei 10microtesla e ad altezza uomo inferiore a 3microtesla, pertanto non vi sono problemi di sorta sia perché non vi sono permanenze di personale sul terreno, sia perché i valori calcolati sono entro i limiti normativi.




*Andamento del campo magnetico sul piano orizzontale*

Come si puo' vedere a circa 1,5 metri dal piano di calpestio il valore è inferiore al limite di 3 Microtesla come limite valutato nelle 24 ore.

In fase di progetto esecutivo dell'opera si procederà ad una definizione più esatta delle fasce di rispetto che rispecchino la situazione post-realizzazione, in conformità col par. 5.1.3 dell'allegato al suddetto Decreto, con conseguente riduzione delle aree interessate.

La rappresentazione di tali distanze ed aree di prima approssimazione, sulle quali dovranno essere apposte le necessarie misure di salvaguardia, è riportata nella corografia allegata, dalla quale si può osservare che all'interno delle distanze ed aree di prima approssimazione non ricadono edifici o luoghi destinati a permanenza non inferiore alle 4 ore.

# 7 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

In questo capitolo si riportano i principali riferimenti normativi da prendere in considerazione per la progettazione, la costruzione e l'esercizio dell'intervento oggetto del presente documento.

## 7.1 Leggi

- Regio Decreto 11 dicembre 1933 n° 1775 "Testo Unico delle disposizioni di legge sulle acque e impianti elettrici";
- Legge 23 agosto 2004, n. 239 "Riordino del settore energetico, nonché delega al Governo per il riassetto delle disposizioni vigenti in materia di energia";
- Legge 22 febbraio 2001, n. 36, "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici";
- DPCM 8 luglio 2003, "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti";
- Decreto 29 maggio 2008, "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti";
- DPR 8 giugno 2001 n°327 "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia di Pubblica Utilità" e smi;
- Legge 24 luglio 1990 n° 241, "Norme sul procedimento amministrativo in materia di conferenza dei servizi" come modificato dalla Legge 11 febbraio 2005, n. 15, dal Decreto legge 14 marzo 2005, n. 35 e dalla Legge 2 aprile 2007, n. 40;
- Decreto Legislativo 22 gennaio 2004 n° 42 "Codice dei Beni Ambientali e del Paesaggio, ai sensi dell'articolo 10 della legge 6 luglio 2002, n. 137 ";
- Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 12 dicembre 2005 "Individuazione della documentazione necessaria alla verifica della compatibilità paesaggistica degli interventi proposti, ai sensi dell'articolo 146, comma 3, del Codice dei beni culturali e del paesaggio di cui al decreto legislativo 22 gennaio 2004, n. 42";
- Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 "Norme in materia ambientale" e ss.mm.ii.;
- Legge 5 novembre 1971 n. 1086. "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica. Applicazione delle norme sul cemento armato";
- Decreto Interministeriale 21 marzo 1988 n. 449 "Approvazione delle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e l'esercizio delle linee aeree esterne";
- Decreto Interministeriale 16 gennaio 1991 n. 1260 "Aggiornamento delle norme tecniche per la disciplina della costruzione e dell'esercizio di linee elettriche aeree esterne";

- Decreto Interministeriale del 05/08/1998 “Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione, esecuzione ed esercizio delle linee elettriche aeree esterne”;
- Decreto Ministero Infrastrutture e Trasporti 14 settembre 2005 n. 159 “Norme tecniche per le costruzioni”.

## 7.2 Norme tecniche

### 7.2.1 Norme CEI

Si riportano le norme CEI applicabili:

- CEI 211-4, "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche", seconda edizione, 2008-09
- CEI 211-6, "Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz - 10 kHz, con riferimento all'esposizione umana", prima edizione, 2001-01
- CEI 103-6 “Protezione delle linee di telecomunicazione dagli effetti dell’induzione elettromagnetica provocata dalle linee elettriche vicine in caso di guasto”, terza edizione, 1997:12
- CEI 304-1 Interferenza elettromagnetica prodotta da linee elettriche su tubazioni metalliche Identificazione dei rischi e limiti di interferenza;
- CEI 106-11, “Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (Art. 6) - Parte 1: Linee elettriche aeree e in cavo”, prima edizione, 2006:02
- CEI 11-4, "Esecuzione delle linee elettriche esterne", quinta edizione, 1998:09
- CEI 11-60, "Portata al limite termico delle linee elettriche aeree esterne", seconda edizione, 2002-06
- CEI 11-17, "Esecuzione delle linee elettriche in cavo", quinta edizione, maggio 1989
- CEI 11-60, "Portata al limite termico delle linee elettriche aeree esterne", prima ediz., 2000-07
- CEI 211-4, "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche", prima edizione, 1996-07
- CEI 211-6, "Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz - 10 kHz, con riferimento all'esposizione umana", prima edizione, 2001-01

CEI 106-11, "Guida per la determinazione della fascia di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni